

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11) Publication number: 1020020085675 A
 (43) Date of publication of application: 16.11.2002

(21) Application number: 1020010025311

(71) Applicant:

LG CHEM. LTD.

(22) Date of filing: 09.05.2001

(72) Inventor:

BAE, JUN SEONG
 KIM, HYEONG JIN
 LIM, GEUN YEONG
 YOO, SEUNG IL

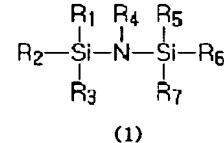
(51) Int. Cl

H01M 10/40

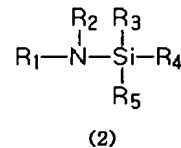
(54) ELECTROLYTE AND LITHIUM ION BATTERY USING THE SAME

(57) Abstract:

PURPOSE: Provided are an electrolyte additive comprising an organic silicon compound capable of improving life span of lithium ion battery, and a lithium ion battery comprising the additive.



CONSTITUTION: The electrolyte additive comprises an organic silicon compound represented by formula 1 or 2. In the formulae 1 and 2, each of R1-R7 is independently or simultaneously hydrogen, alkyl group, or acetyl group. The lithium ion battery comprises (a) graphitized carbon capable of reversibly storing and discharging a lithium, which is an anode active material; (b) lithium-containing transition metal oxide capable of reversibly storing and discharging a lithium, which is a cathode active material; (c) porous separator; and (d) non-aqueous electrolyte comprising (i) lithium salt, (ii) electrolyte compound, (iii) vinylene carbonate, and (iv) at least one additives selected from the group consisting of organic silicon compounds represented by the formulae 1 or 2.



COPYRIGHT KIPO 2003

Legal Status

Date of final disposal of an application (20031201)

Patent registration number (1004170850000)

Date of registration (20040119)

Number of opposition against the grant of a patent ()

Date of opposition against the grant of a patent (00000000)

Number of trial against decision to refuse ()

Date of requesting trial against decision to refuse ()

Date of extinction of right ()

BEST AVAILABLE COPY

특2002-0085675

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.
H01M 10/40(11) 공개번호 특2002-0085675
(43) 공개일자 2002년11월16일

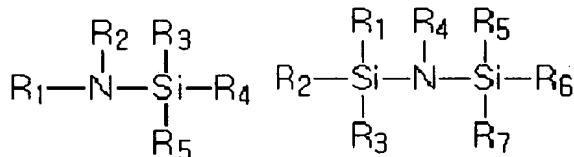
(21) 출원번호	10-2001-0025311
(22) 출원일자	2001년05월09일
(71) 출원인	주식회사 엘지화학
	서울특별시 영등포구 여의도동 20
(72) 발명자	김현진 배준성 임근영 유승일 경상북도 구미시 원남동 432-21호
(74) 대리인	송병옥

설사참고 : 있음(54) 새로운 전해액과 이를 이용하는 리튬 이온 전지**요약**

본 발명은 새로운 전해액, 첨가제와 이를 이용하는 리튬 이온 전지에 관한 것으로, 특히 리튬 이온 전지의 수명특성을 향상시킬 수 있는 유기 규소 화합물을 포함하는 전해액 첨가제에 관한 것이다.

본 발명은 이를 위하여, 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 포함하는 전해액 첨가제를 제공한다:

[화학식 1][화학식 2]



여기서, R₁ ~ R₇은 각각 독립적으로 또는 동시에 수소, 알킬기, 또는 아세틸기이다.

또한, 본 발명은 리튬 이온 전지에 있어서, i) 리튬염, ii) 전해액 화합물, iii) 비닐렌 카보네이트, 및 iv) 삼기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물로 이루어진 군으로부터 1 종 이상 선택되는 첨가제를 함유하는 비수성 전해액을 포함하는 리튬 이온 전지를 제공한다.

본 발명에 따르면 전해액 첨가제로 비닐렌 카보네이트와 함께 유기 규소 화합물을 사용하므로 고 용량을 가지면서도 충 방전 수명이 매우 우수한 리튬이온 전지를 제조할 수 있다.

작용기

흑연화 탄소, 리튬 이온 전지, 비수성 전해액, 첨가제, 환형 카보네이트, 다공성 분리막, 유기 규소 화합물을

증세서**발명의 실체화 설명****발명의 목적****발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술**

[산업상 이용 분야]

본 발명은 새로운 전해액 첨가제와 이를 이용하는 리튬 이온 전지에 관한 것으로, 특히 리튬 이온 전지의 수명특성을 향상시킬 수 있는 유기 규소 화합물을 포함하는 전해액 첨가제에 관한 것이다.

[증례 기술]

여러 전기화학 전지 중에서 리튬 이온 액체 2차 전지는 소니(Sony)사에 의해 처음으로 상용화 된 이후 높은 에너지 밀도로 인해 기존의 2차 전지들을 대체하여 휴대용 컴퓨터, 휴대폰 등에서 사용이 늘어나고 있다.

상기 리튬이온 2차 전지는 부극 활물질로 탄소재료와 정극 활물질로 LiCoO₂ 등의 금속 산화물을 사용하며, 부극과 정극 사이에 다공성의 폴리이미드 분리막을 넣고 LiPF₆ 등의 리튬염을 가진 비수성 용액을 넣어서 제조하게 된다. 충전시에는 정극 활물질의 리튬 이온이 방출되어 부극의 탄소 층으로 삽입이 되며, 방전시에는 반대로 탄소 층의 리튬 이온이 방출되어 정극 활물질로 삽입이 되게 된다.

비수성 전해액은 부극과 정극 사이에서 리튬 이온을 이동시키는 매질의 역할을 하며 전지의 작동 전압 범위에서 안정하여야 하고, 충분히 빠른 속도로 이온을 전달할 수 있는 능력을 가져야 한다. 이러한 전해액으로 미국특허 제5,521,027호 및 제5,525,443호에서는 리튬 이온을 충분히 해리 시킬 수 있는 극성이 큰 환형 카보네이트 만을 사용할 경우 점도가 커서 이온 전도도가 작으므로, 점도를 줄이기 위해 극성은 적지만 저점도인 선형 카보네이트를 섞은 혼합 전해액을 제시하고 있다. 상기 선형 카보네이트로는 디에틸 카보네이트(DMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 메틸 메틸 카보네이트(EMC)를 대표적으로 들 수 있는데, 이 중 녹는점이 55 °C로 가장 낮은 EMC를 사용할 때 우수한 저온 특성과 수명 성능을 나타낸다. 상기 환형 카보네이트로는 에틸렌 카보네이트(이하, EC라 할)와 프로필렌 카보네이트(이하, PC라 할), 부틸렌 카보네이트(BC) 등을 들 수 있는데, PC는 어는점이 49 °C로 낮아서 저온 성능이 좋지만, 부극으로 용량이 큰 흑연화 탄소를 사용할 경우 충전시 부극과 긁격하게 반응을 하여 많은 양을 사용하기 힘들고, 부극에서 안정한 보호막을 형성하는 EC를 주로 사용한다. 그런데, EC를 사용할 경우 EC의 녹는점이 37 °C로 높으므로 EC의 양이 많아질수록 저온 성능이 저하된다. 그리고, 포우치(pouch)형 전지의 경우 고온에서 전해액으로 인한 전지 내부의 증기압이 커져서 부풀는 문제가 발생하므로 끓는점이 높은 환형 카보네이트를 많이 사용해야 하는데, 이때 EC의 함량을 증가시키면 저온성능이 나빠지므로 PC와 혼합하여 어는점을 낮춘 후에 사용한다.

상기 전해액을 용량이 큰 흑연화 탄소 부극에 사용할 경우 PC의 분해반응을 막아주는 첨가제를 함께 넣어서 사용하게 된다. 이러한 PC 분해 억제 첨가제로 미국특허 제5,681,669호에서 PC에 카테를 카보네이트 유도체를 첨가하여 PC의 분해 반응을 억제하는 방법을 제시하였고, 다른 문헌(J. Electrochem. Soc. 146(2), 470, 1999)에서는 PC에 에틸렌 셀파이트(ethylene sulfite)를 첨가하여 PC의 분해 반응을 억제하고자 하였다.

상기 PC의 분해반응을 억제하는 첨가제로 연구된 것들은 크게 작용 방식에 따라 두 종류로 나눌 수 있다. 한가지는 미국특허 제5,491,041호에 제시된 12-크라운-4-에테르처럼 자신은 부극에서 분해되지 않으며 PC보다 리튬 이온과 더 잘 결합하여 PC가 리튬 이온과 같이 탄소 층에 삽입되는 것을 억제하여 PC의 분해를 막아주는 것이고, 다른 한가지는 카테를 카보네이트 유도체나 에틸렌 셀파이트, 클로로에틸렌 카보네이트처럼 PC의 분해 전압인 0.8V (vs Li/Li⁺) 보다 높은 전압에서 PC보다 먼저 분해되어 보호막을 형성해 PC가 탄소 층에 삽입되는 것을 억제하여 주는 것이다. 그러나, 이러한 첨가제를 중에서 비닐렌 카보네이트를 제외한 다른 첨가제들은 대부분 초기에 PC의 분해반응을 막아주기는 하지만 부극에 생성된 피막이 안정하지 못하여 충방전을 오래하면 수명이 감소되는 단점을 가지고 있다.

일본공개특허공보 2000-123867에서는 전해액에 비닐렌 카보네이트를 첨가제로 사용하여 충방전 수명이 향상됨을 보여주고 있다. 하지만, 현재 사용되는 비닐렌 카보네이트는 불순물을 함유하고 있어서 전지의 초기용량을 감소시키는 문제가 있다.

쓰임이 이루어져야 하는 기술적 조건

본 발명은 상기 증례 기술에서의 문제점을 고려하여, 리튬이온 전지의 용량이 크고 충방전 수명을 향상시킬 수 있는 전해액 첨가제를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명의 다른 목적은 상기 전해액 첨가제를 포함하는 리튬 이온 전지를 제공하는 것이다.

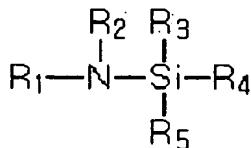
쓰임의 구조 및 작용

[과제를 해결하기 위한 수단]

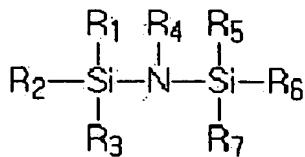
본 발명은 상기한 목적을 달성하기 위하여,

하기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 포함하는 전해액 첨가제를 제공한다:

[화학식 1]



[화학식 2]



상기 화학식 1과 2의 식에서,

$R_i \sim R_7$ 은 각각 독립적으로 또는 동시에 수소, 알킬기, 또는 아세틸기이다.

또한, 본 발명은 리튬 이온 전지에 있어서,

a) 부극 활물질로 리튬의 가역적인 저장과 방출이 가능한 흑연화 탄소;

b) 정극 활물질로 리튬의 가역적인 저장과 방출이 가능한 리튬·합유 전지
금속 산화물;

c) 다공성의 분리막; 및

d) i) 리튬·염;

ii) 전해액·화합물;

iii) 비닐렌 카보네이트; 및

iv) 상기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 이루

어진 군으로부터 1 종 이상 선택되는 첨가제

를 함유하는 비수성(非水性)전해액

을 포함하는 리튬 이온 전지를 제공한다.

이하에서 본 발명을 상세하게 설명한다.

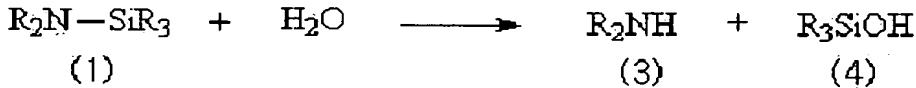
본 발명은 리튬 전지 제조시 사용되는 환형 카보네이트의 분해를 방지하는 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 화합물을 포함하는 새로운 전해액 첨가제에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 흑연화 탄소를 함유하는 부극과 리튬 합유 전지 금속 산화물을 함유하는 정극, 다공성의 분리막, 비닐렌 카보네이트, 및 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 화합물을 포함하는 전해액을 사용하여 용량이 크고 수명 성능이 향상된 리튬 이온 2차 전지를 제공한다.

본 발명에서 첨가제로 사용되는 비닐렌 카보네이트(VC)는 PC의 분해전압인 0.8V 보다 높은 전압에서 부극에서 분해되어 보호막을 형성하여 PC의 분해반응을 억제하는 역할을 한다. 상기 비닐렌 카보네이트가 분해되어 생성된 부극 피막은 안정하여 PC가 들어 있지 않은 전해액의 경우에도 전자의 수명을 향상시킨다. 그러나, 상기 비닐렌 카보네이트를 사용할 경우 초기용량이 감소하는 단점을 가진다.

따라서, 본 발명은 종래 끓는점이 높은 환형 카보네이트를 많이 사용할 경우 발생하였던 고온에서 부극의 문제와 초기용량 감소 등의 문제를 해결하기 위하여, 에틸렌 카보네이트(이하, 'EC'라 할)와 프로필렌 카보네이트(이하, 'PC'라 할)를 포함하는 전해액에 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 첨가제로 넣어 흑연화 탄소 부극과 함께 사용함으로써, 용량이 크고 수명도 우수한 전지를 제조할 수 있다.

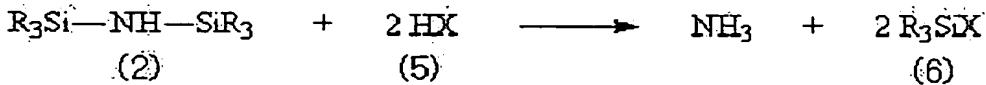
일례로, 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물에서 하기 반응식 1 또는 2에서와 같이 물이나 산과 반응하여 물과 산을 제거하는 역할을 한다.

[반응식 1]



상기 반응식 1의 식에서, $R_i \sim R_7$ 은 각각 동시에 알킬기이고, X는 할로겐이다.

[반응식 2]



상기 반응식 2의 식에서, R₁ ~ R₃ 및 R₅ 내지 R₆은 각각 동시에 알킬기이고, R₄는 수소이며, X는 할로겐이다.

본은 전해액 중의 리튬염과 반응하여 불산(HF)를 만드는데, 상기 HF는 전지의 저항을 크게 하고 전지의 수명을 약화시키게 된다. 본 발명의 유기 규소 화합물을 이러한 나쁜 영향을 주는 물과 HF를 제거하여 전지의 성능을 향상시킨다. 상기 비닐렌 카보네이트의 경우 제조되어 판매되는 물질중에 물순물로서 염소를 함유한 유기물을 함유하고 있어, 미량이지만 이것이 부해되어 염산(hydrochloric acid, HCl)을 생성하게 되고, 이는 전지에 나쁜 영향을 주게 되어 초기용량의 감소를 일으킨다. 따라서, 본 발명은 전해액 첨가제로서 상기 비닐렌 카보네이트와 함께 상기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 사용함으로써, 전자 내에 존재하는 물, 불산, 염산 등을 제거하여 용량과 수명이 우수한 전지를 제조할 수 있다.

상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물의 구체적인 예는 1,1,1,3,3,3-헥사메틸디실란잔, (N,N-디메틸아미노)트리메틸실란, N-(트리메틸실릴)아세트아미드, 1,1,3,3-테트라메틸디실란잔, N-(트리메틸실릴)알릴아민, N-tert-부틸트리메틸실릴아민, 텁타메틸디실란잔, 및 N,N-디에틸트리메틸실릴아민 등이 있다.

한편, 본 발명은 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 전해액 첨가제로 포함하여 리튬이온 2차 전지를 제조한다.

본 발명의 리튬이온 전지는 부극 활물질로 리튬의 가역적인 저장과 방출이 가능한 흑연화 탄소; 정극 활물질로 리튬의 가역적인 저장과 방출이 가능한 리튬 전이금속 산화물; 다공성 분리막; 및 리튬 염; 전해액 화합물, 및 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 화합물로 이루어진 군으로부터 1종 이상으로 선택되는 첨가제를 포함하는 비수 전해액을 포함하여 이루어진다.

상기 흑연화 탄소는 부극 활물질로 엑스선 회절법으로 측정된 탄소질 재료의 결정면 거리 상수 d002 값이 0.34 나노미터 이하이며, BET 법으로 측정된 비 표면적이 10m²/g 이하가 바람직하다.

상기 리튬 함유 전이금속 산화물은 LiCoO₂, LiNiO₂, LiMn₂O₄, 및 LiNi_xCo_{1-x}O₂(여기에서, 0 < x < 1)로 이루어진 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.

상기 리튬염은 LiClO₄, LiCF₃SO₃, LiPF₆, LiBF₄, LiAsF₆, 및 Li(N(CF₃SO₃)₂)로 이루어진 군으로부터 선택되는 것이 바람직하다.

또한, 상기 유기 전해액 화합물은 상기 전해액 화합물은 에틸렌 카보네이트(Ethylene Carbonate), 프로필렌 카보네이트(Propylene Carbonate), 부틸렌 카보네이트(Butylene Carbonate), 비닐렌 카보네이트(Vinylene Carbonate), 디에틸 카보네이트(Diethyl Carbonate), 디메틸 카보네이트(Dimethyl Carbonate), 에틸메틸카보네이트(Ethyl Methyl Carbonate), 김마부티로락론(GLB), 솔포레인(Sulfolane), 메틸 아세테이트(Methyl Acetate), 및 메틸 프로피오네이트(Methyl Propionate)로 이루어진 군으로부터 1종 이상 선택되는 것이 바람직하다.

본 발명에서 사용하는 비닐렌 카보네이트의 함량은 전해액에 대하여 0.1 내지 전해액에 대하여 20 종량%로 사용한다.

또한, 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물의 함량은 0.01 내지 20 종량%로 사용한다.

이상과 같은 구성물질을 이용하는 전지의 예를 들면, 전극으로 탄소 활물질과 결합제로 폴리비닐리덴 디클루오라미드로 구성된 부극을 사용하고, 리튬 전이금속 산화물 활물질과 도전성 탄소, 결합제로 폴리비닐리덴 디클루오라미드로 구성된 정극을 사용하여 리튬이온 전지를 구성할 수 있다.

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 단 실시 예는 본 발명을 예시하기 위한 것임이니 본 발명을 한정하는 것은 아니다.

[제조 예 1 ~ 6]

(전해액 제조)

하기 표 1과 같은 조성과 함량으로 글로브 박스안에서 각각 1M LiPF₆ 용액을 30 mL 제조하였다. F-에틸렌 카보네이트(EC), F-프로필렌 카보네이트(PC), F-에틸메틸카보네이트(EMC)는 미쓰비시 케미칼(Mitsubishi Chem.)사의 제품을 구입하여 사용하였고, 비닐렌 카보네이트(VC)는 베이어(Bayer)사 제품을 구입하여 사용하였다.

[비교제조 예 1 ~ 4]

(전해액 제조)

상기 실시예 1 내지 6과 같은 방법으로 실시하되, 전해액에 본 발명의 첨가제를 첨가하지 않고 하기 표 1과 같은 조성과 함량으로 글로브 박스안에서 각각 1M LiPF₆ 용액을 30 mL 제조하였다.

[표 1]

구 분	전지의 전해액 조성(중량 %)						
	EC	PC	클질1 ¹⁾	클질2 ²⁾	클질3 ³⁾	VC	EMC
제조예 1	24	24	0.5	-	-	2	50
제조예 2	24	24	-	0.5	-	2	50
제조예 3	24	24	-	-	0.5	2	50
제조예 4	33	-	0.5	-	-	2	65
제조예 5	33	-	-	0.5	-	2	65
제조예 6	33	-	-	-	0.5	2	65
비교제조예 1	25	25	-	-	-	-	50
비교제조예 2	24	24	-	-	-	2	50
비교제조예 3	33	-	-	-	-	-	67
비교제조예 4	33	-	-	-	-	2	65

(주)
 1) 1,1,1,3,3,3-헥사메틸디실라잔: Aldrich사, 99.9% 순도
 2) 헬드메틸디실라잔: Aldrich사, 97% 순도
 3) tert-부틸트리메틸실릴아민: Aldrich사, 98% 순도

[실시예 1 ~ 6]

(리튬 이온 전지 제조)

부극은 탄소 활물질(오사카 가스의 MCMB 10-28 제품) 93 %, 폴리비닐리덴 디플루오라이드(PVDF, Elf Atochem 사의 Kynar 761 제품), 7 %의 조성으로 N-메틸-2-피롤리디논(NMP)을 사용하여 믹서(Ika 사)에서 2시간 동안 섞어준 후, 구리 호일 집전체에 코팅하고, 130 °C에서 건조하여 제조하였다. 정극은 LiCoO₂ 91 %, PVDF(Kynar 761) 3 %, 도전성 탄소(Lonza 사의 KS-6) 6 %의 조성으로 N-메틸-2-피롤리디논(NMP)을 사용하여 믹서(Ika 사)에서 2시간 동안 섞어준 후, 알루미늄 호일 집전체에 코팅하고, 130 °C에서 건조하여 제조하였다. 이렇게 제조한 부극과 정극, 그리고 분리막으로 celgard 2400(Hoechst Celanese 사)을 사용하여 부극과 정극 사이에 분리막을 두고 원통형으로 감아 18650 규격의 전지를 조립하고, 상기 제조예 1 내지 6에서 제조한 전해액을 주입하여 각각 실시예 1 내지 6의 리튬 이온 전지를 제조하였다.

상기 전지를 25 °C에서 4.2 V 까지 0.5 C의 속도로 충전하고 4.2 V에서 전류가 50 mA 미하가 될 때까지 충전하였고, 3 V 까지 0.5 C의 속도로 방전하여 충 방전 실험을 하였고, 이러한 충 방전 실험 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[비교예 1 ~ 4]

(리튬 이온 전지 제조)

상기 실시예 1과 같은 방법으로 전지를 제조하되, 전해액으로 비교제조예 1 내지 4를 주입하여 리튬이온 전지를 제조하였다. 그리고, 상기 실시예 1과 같은 방법으로 충방전 실험을 실시하여 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[표 2]

구 분	성능	
	초기용량 (mAh)	300회후 용량 (mAh)
실시예 1	1760	1541
실시예 2	1763	1546
실시예 3	1759	1540
실시예 4	1803	1560
실시예 5	1800	1565
실시예 6	1805	1563
비교예 1	1620	1434
비교예 2	1731	1510
비교예 3	1803	1440
비교예 4	1737	1534

상기 표 2에서 보면, 환형 카보네이트로 EC, PC를 포함한 전해액에 VC와 본 발명의 첨가제가 들어간 실시예 1 내지 3의 경우, VC 와 첨가제가 들어 있지 않은 비교예 1 보다 용량과 수명성능이 향상됨을 볼 수

있고, VC 만 들어 있는 비교예 2에 비해서도 용량이 커짐을 볼 수 있다. 또한, 환형 카보네이트로 PC 를 넣지 않고 EC만 사용한 전해액에 VC와 철가제가 들어간 실시예 4 내지 6의 경우도, VC 와 철가제가 들어 있지 않은 비교예 3보다 용량과 수명이 향상됨을 알 수 있고, VC 만 들어 있는 비교예 4에 비해서도 용량이 커짐을 알 수 있다.

성능의 요점

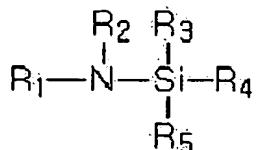
본 발명에 따르면 전해액 철가제로 비닐렌 카보네이트와 함께 상기 화학식 1, 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 사용하므로 고 용량을 가지면서도 충 방전 수명이 우수한 리튬이온 전지를 제조할 수 있다.

(5) 청구의 범위

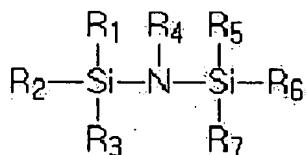
청구항 1

하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소 화합물을 포함하는 전해액 철가제:

[화학식 1]



[화학식 2]



상기 화학식 1과 2의 식에서,

$R_1 \sim R_7$ 은 각각 독립적으로 또는 동시에 수소, 알킬기, 또는 아세틸기이다.

청구항 2

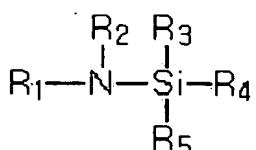
리튬 이온 전지에 있어서,

- a) 부극 활물질로 리튬의 가역적인 저장과 방출이 가능한 흑연화 탄소;
- b) 정극 활물질로 리튬의 가역적인 저장과 방출이 가능한 리튬 함유 전이 금속 산화물;
- c) 다공성의 분리막; 및
- d) i) 리튬염;
- ii) 전해액 화합물;
- iii) 비닐렌 카보네이트; 및
- iv) 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 유기 규소화합물로 이루 어진 군으로부터 1 종 이상 선택되는 철가제

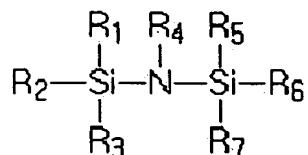
를 함유하는 비수성(非水性) 전해액

을 포함하는 리튬 이온 전지:

[화학식 1]



[화학식 2]



상기 화학식 1과 2의 식에서,

 $R_1 \sim R_7$ 은 각각 독립적으로 또는 동시에 수소, 알킬기, 또는 아세틸기이다.

첨구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 a)의 흡연화 탄소는 엑스선 회절법으로 측정된 탄소질 재료의 결정면 거리 상수 d002 값이 0.34 나노미터 이하이며, BET 법으로 측정된 비 표면적이 $10 \text{ m}^2/\text{g}$ 이하인 리튬 이온 전지.

첨구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 b)의 리튬 함유 전이금속 산화물이 LiCoO_2 , LiNiO_2 , LiMnO_2 , 및 $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ (여기에서, $0 < x < 1$)로 이루어진 군으로부터 선택되는 리튬 이온 전지.

첨구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 d) i)의 리튬염이 LiClO_4 , LiCF_3SO_3 , LiPF_6 , LiBF_4 , LiAsF_6 , 및 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$ 로 이루어진 군으로부터 선택되는 리튬 이온 전지.

첨구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 d) ii)의 전해액 화합물이 에틸렌 카보네이트(Ethylene Carbonate), 프로필렌 카보네이트(Propylene Carbonate), 부틸렌 카보네이트(Butylene Carbonate), 비닐렌 카보네이트(Vinylene Carbonate), 디에틸 카보네이트(Diethyl Carbonate), 디메틸 카보네이트(Dimethyl Carbonate), 에틸메틸카보네이트(Ethyl Methyl Carbonate), 글마부티로락톤(GBL), 살포리인(Sulfolane), 메틸 아세테이트(Methyl Acetate), 및 메틸 프로피오네이트(Methyl Propionate)로 이루어진 군으로부터 1종 이상 선택되는 리튬 이온 전지.

첨구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 d) iii)의 비닐렌 카보네이트의 함량이 전해액에 대하여 0.1 내지 20 중량%인 리튬 이온 전지.

첨구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 d) iv)의 유기 규소 화합물의 함량이 전해액에 대하여 0.01 내지 20 중량%인 리튬 이온 전지.